



平成 29 年 10 月 26 日

株式会社 ExaScaler
株式会社 PEZY Computing

スーパーコンピュータシステム「Gyokou (暁光)」の開発状況について ～ 国内 1 位相当の演算性能と世界最高の省エネ性能を同時に達成 ～

1. 概要

株式会社 ExaScaler (代表取締役社長 木村 耕行、以下「ExaScaler」)、及び株式会社 PEZY Computing (代表取締役社長 齊藤 元章、以下「PEZY Computing」) は、ExaScaler が国立研究開発法人海洋研究開発機構 (以下「JAMSTEC」) 横浜研究所に本年 5 月に設置した同社の大規模液浸型スーパーコンピュータ「暁光 (Gyokou)」について、世界のスーパーコンピュータシステムのランキングである「TOP500」(※1)、及びスーパーコンピュータシステムのエネルギー消費効率のランキングである「Green500」(※2) において世界上位を獲得すべく、システムの改良を進めております。

この度、2017 年 6 月発表のランキングに照らし、「TOP500」では国内 1 位 (世界 6 位)、「Green500」では世界 1 位に相当する性能を同時に達成しましたので、お知らせいたします。

最新のランキングの結果は、米国コロラド州・デンバーで本年 11 月 12 日より開催されるスーパーコンピュータの国際会議である Supercomputing Conference (SC17) で 11 月 14 日に発表される予定です。

2. 「暁光 (Gyokou)」について

「暁光 (Gyokou)」は、PEZY Computing が新規に独自開発した最新のメニーコアプロセッサ「PEZY-SC2」を基幹プロセッサとして採用した「ZettaScaler-2」シリーズからなり、1 筐体 (液浸槽) で 2.0 PFLOPS クラスのピーク性能を目指し開発が進められているスーパーコンピュータシステムです。ExaScaler の液浸冷却技術とシステム化技術を用いて高密度実装を実現するとともに、高い冷却効率を実現することで、消費電力の低減を図っています。この度、システムボード全数を、当初の「ZettaScaler-2.0」から各種の改良を盛り込んだ最新の「ZettaScaler-2.2」に更新した上で、6 月以来改良を進めてきたソフトウェアを適用することにより、10 月 26 日にシステム規模 13.8 筐体 (CPU 数 7,056 個) 相当の構成で、LINPACK 性能 (※3) は 14.13PFLOPS (ペタフロップス) (※4)、実行効率 (※5) は 71.0%、消費電力当たりの演算処理性能は 14.69GFLOPS/W を達成しました。これは、2017 年 6 月のランキングに照らし、「TOP500」では世界 6 位 (国内 1 位)、「Green500」では世界 1 位に相当する値となっています (2017 年 6 月のランキングでは、「TOP500」の第 6 位は米国の Cori の 14.01PFLOPS、国内 1 位 (世界 7 位) は Oakforest-PACS の 13.55PFLOPS、「Green500」の世界 1 位は日本の TSUBAME3.0 の 14.11GFLOPS/W)。今後、本年 11 月発表の「TOP500」及び「Green500」へ

の登録に向けた調整と測定を重ね、更なる性能向上を図ってまいります。

日本の独自技術によって開発を進めている「暁光 (Gyoukou)」は、ExaScaler が JAMSTEC からシステム設置場所を借り受けて、本年 2 月から開発を本格化させてきております。本年 6 月発表の「TOP500」では、システムのごく一部の稼働ながら、世界 69 位にランキングされました。今回、本年 11 月の最新ランキングに向けて、稼働システム規模の拡大とハードウェアの更新、ソフトウェアの最適化を行い更なるシステム性能の改良を図ったことで、上記の性能が達成されました。

なお、システム開発にあたり、ExaScaler は国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) の「産学共同実用化開発事業 (NexTEP) 未来創造ベンチャータイプ」の支援を受けております (課題名「磁界結合 DRAM・インタフェースを用いた大規模省電力スーパーコンピュータ」)。また、基幹プロセッサである PEZY-SC2 開発にあたり、PEZY Computing は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」の支援を受けております (課題名「非接触型磁界結合通信を用いた高密度実装プロセッサデバイスの開発 (実証開発フェーズ)」)。

3. 今後の展望

最新の「TOP500」及び「Green500」ランキングの結果は、米国コロラド州・デンバーで本年 11 月 12 日より開催されるスーパーコンピュータの国際会議である Supercomputing Conference (SC17) で 11 月 14 日に発表される予定です。SC17 では、ExaScaler と PEZY Computing とは共同でブースを出展 (#633) し、「暁光 (Gyoukou)」の全系の 26 分の 1 に当たる規模の液浸冷却槽実機と「ZettaScaler-2.2」を含む最新のシステムボード類を展示致します。

ExaScaler と PEZY Computing は、引き続き JAMSTEC 横浜研究所において「暁光 (Gyoukou)」の開発を継続しております。将来的には、筐体数をさらに増加させる (約 100 筐体为目标) とともに、世界で初めて TCI (Thru Chip Interface : 磁界結合インタフェース) (※6) を用いた DRAM との接続を行うことによって超高帯域なメモリバンド幅を実現するなどの新たな技術も導入し、より高い演算処理性能とより良いエネルギー消費効率を目指して参ります。

お問い合わせ先 :

株式会社 ExaScaler

CTO 鳥居 淳

電話 : 03-5577-3835 <http://www.exascalr.co.jp> E-mail : torii@exascalr.co.jp

株式会社 PEZY Computing

広報担当 佐藤 路恵

電話 : 03-5577-3900 <http://www.pezy.co.jp> E-mail : michie@pezy.co.jp

【用語解説】

※1 TOP500

世界のスーパーコンピュータシステムのランキングであり、International Supercomputing Conference (ISC) (6月開催)、及び Supercomputing Conference (SC) (11月開催) に合わせ、年2回発表されている。LINPACK 性能に基づき、上位 500 位までのスーパーコンピュータが発表される。

【TOP500 リスト】 <https://www.top500.org/lists/>

※2 Green500

TOP500 と同時に発表される、エネルギー消費効率の良いスーパーコンピュータシステムのランキング。TOP500 にランキングされたスーパーコンピュータシステムを、消費電力 1 ワットあたりの演算処理性能 (LINPACK 性能) (単位 : FLOPS/W) により順位付けする。

【Green500 リスト】 <https://www.top500.org/green500/lists/>

※3 LINPACK

LINPACK は、米テネシー大学のジャック・ドンガラ (Jack J. Dongarra) 博士らが開発した、コンピュータの性能計測 (ベンチマーク) プログラム。規則的な行列計算により連立一次方程式の解を求めることで、主に浮動小数点演算の性能を計測することができ、ハードウェアのピーク性能に近い性能を出しやすい。

TOP500 は、この LINPACK をベンチマークとして求めたスーパーコンピュータの性能 (LINPACK 性能) を比較することで、世界のスーパーコンピュータのランク付けを行っている。

※4 PFLOPS (ペタフロップス)

FLOPS (フロップス) はスーパーコンピュータの処理速度を表す単位であり、1 秒間に実行できる浮動小数点数演算の回数を示す。1PFLOPS (ペタフロップス) は、1 秒間に 1,000 兆 (10 の 15 乗) 回の浮動小数点数演算を行うことを意味する。

※5 実行効率

ベンチマークを用いて実際に測定された性能 (Rmax) と、理論上のピーク性能 (Rpeak) の比 (Rmax/Rpeak)。

※6 TCI (Thru Chip Interface : 磁界結合インタフェース)

慶応義塾大学黒田研究室で開発された磁界を用いた独自の無線通信技術。TSV による有線接続方式と比較して低消費電力ながら高速な通信が可能となり、DRAM のウェハ三次元積層や、DRAM とプロセッサ間の通信において大きな優位性が期待されている。

今回計測時の「暁光 (Gyoukou)」の主な仕様

使用システム	ZettaScaler-2.2	6月時点の ZettaScaler-2.0 より更新
使用ホスト CPU	Intel Xeon D	16 コア、1.3GHz 駆動 8 個の PEZY-SC2 に対して 1 個使用
使用プロセッサ	PEZY-SC2	1,984 コア、700MHz 駆動
使用プロセッサ数	7,056 個	13.8 筐体 (液浸槽) 相当
総プロセッサコア数	14,013,216 コア	TOP500 ランキング上の最多コア数
主記憶メモリ	16GB DDR4 DIMM	4ch、2,400MHz 駆動
総主記憶メモリ容量	479.8TB	Intel Xeon D に 32GB、PEZY-SC2 に 64GB
Rmax 値 (実行性能)	14.13PFLOPS	ベンチマークを用いて実際に測定された性能
Rpeak 値 (理論性能)	19.89PFLOPS	理論上のピーク性能
消費電力	962.3kW	Green500 ルール準拠の計測器での実測値
消費電力性能	14.69GFLOPS/W	実効性能 / 消費電力
電力供給	三相 200V	システムボード上は 48V 直流給電
ネットワークカード	InfiniBand EDR	100Gbps、8 個の PEZY-SC2 に対して 1 枚使用
冷却方式	液浸冷却	施設冷水との熱交換

※データは平成 29 年 10 月 26 日時点での値。



「暁光 (Gyoukou) システム全景」

(写真：株式会社 ExaScaler)

TOP500ランキング世界上位10システム（2017年6月時点）と、今回の計測値の比較

順位	システム名	国	設置サイト	ベンダー	実行性能 PFLOPS	理論性能 PFLOPS	消費電力 MW	電力効率 GFLOPS/W
1位	Sunway TaihuLight (太湖之光)	中国	国立スーパーコンピュータセンター	NRCPC	93.01	125.44	15.37	6.05
2位	Tianhe-2 (天河2号)	中国	国防科学技術大学	NUDT	33.86	54.90	17.81	1.90
3位	Piz Daint	スイス	国立スーパーコンピューティングセンター	Cray	19.59	25.33	2.27	8.62
4位	Titan	米国	オークリッジ国立研究所	Cray	17.59	27.11	8.21	2.14
5位	Sequoia	米国	ローレンスリーバモア国立研究所	IBM	17.17	20.13	7.89	2.18
参考	Gyokou (暁光)	日本	海洋研究開発機構 (JAMSTEC)	ExaScaler / PEZY Computing	14.13	19.89	0.96	14.69
6位	Cori	米国	国立エネルギー研究センター	Cray	14.01	27.88	3.94	3.56
7位	Oakforest-PACS	日本	東京大学・筑波大学 最先端共同HPC基盤施設	富士通	13.55	24.91	2.72	4.99
8位	K Computer (京)	日本	理化学研究所 計算科学研究機構 (AICS)	富士通	10.51	11.28	12.66	0.83
9位	Mira	米国	アルゴンヌ国立研究所	IBM	8.59	10.07	3.95	2.18
10位	Trinity	米国	ロスアラモス国立研究所	Cray Inc.	8.10	11.08	4.23	1.91

TOP500ランキング国内上位10システム（2017年6月時点）と、今回の計測値の比較

順位	システム名	世界順位	設置サイト	ベンダー	実行性能 PFLOPS	理論性能 PFLOPS	消費電力 MW	電力効率 GFLOPS/W
参考	Gyokou (暁光) (今回)	6位相当	海洋研究開発機構 (JAMSTEC)	ExaScaler / PEZY Computing	14.13	19.89	0.96	14.69
1位	Oakforest-PACS	7位	東京大学・筑波大学 最先端共同HPC基盤施設	富士通	13.55	24.91	2.72	4.99
2位	K Computer (京)	8位	理化学研究所 計算科学研究機構 (AICS)	富士通	10.51	11.28	12.66	0.83
3位	SORA-MA	34位	宇宙航空研究開発機構 (JAXA)	富士通	3.16	3.48	1.65	1.91
4位	Camphor 2	37位	京都大学 学術情報メディアセンター (ACCMS)	Cray	3.06	5.48	0.75	4.09
5位	(Fujitsu PRIMEHPC FX100)	39位	名古屋大学 情報連携統括本部情報基盤センター	富士通	2.91	3.24	1.38	2.11
6位	TSUBAME-2.5	44位	東京工業大学 学術国際情報センター (GSIC)	NEC/HPE	2.84	5.61	1.40	2.03
7位	Plasma Simulator	55位	核融合科学研究所 (NIFS)	富士通	2.38	2.62	1.24	1.91
8位	TSUBAME3.0	61位	東京工業大学 学術国際情報センター (GSIC)	HPE	2.00	3.21	0.14	14.11
9位	(SGI ICE X)	62位	日本原子力研究開発機構 (JAEA)	HPE	1.93	2.41	1.20	1.60
10位	Gyokou (暁光) (6月時点)	69位	海洋研究開発機構 (JAMSTEC)	ExaScaler / PEZY Computing	1.68	3.21	0.16	10.23

Green500ランキング世界上位10システム（2017年6月時点）と、今回の計測値の比較

順位	システム名	国	設置サイト	ベンダー	実行性能 PFLOPS	理論性能 PFLOPS	消費電力 MW	電力効率 GFLOPS/W
参考	Gyokou (暁光) (今回)	日本	海洋研究開発機構 (JAMSTEC)	ExaScaler / PEZY Computing	14.13	19.89	0.96	14.69
1位	TSUBAME3.0	日本	東京工業大学 学術国際情報センター (GSIC)	HPE	2.00	3.21	0.142	14.11
2位	Kukai	日本	Yahoo! JAPAN	ExaScaler	0.46	0.79	0.033	14.05
3位	AIST AI Cloud	日本	産業総合技術研究所 (AIST)	NEC	0.96	2.15	0.076	12.68
4位	RAIDEN GPU subsystem	日本	理化学研究所 革新知能統合研究センター (AIP)	富士通	0.64	0.95	0.060	10.60
5位	Wilkes-2	英国	ケンブリッジ大学	Dell	1.19	1.75	0.114	10.43
6位	Piz Daint	スイス	国立スーパーコンピューティングセンター	Cray	19.59	25.33	2.272	10.40
7位	Gyokou (暁光) (6月時点)	日本	海洋研究開発機構 (JAMSTEC)	ExaScaler / PEZY Computing	1.68	3.21	0.164	10.23
8位	RCF for GOSAT-2 (RCF2)	日本	国立環境研究所	Acer	0.77	1.42	0.079	9.80
9位	(NVIDIA DXG-1)	米国	Facebook	Facebook	3.31	4.90	0.350	9.46
10位	DGX Saturn V	米国	NVIDIA	NVIDIA	3.31	4.90	0.350	9.46

米国
 日本
 中国
 欧州